

ДПП СКАН.jpeg

ДПП СКАН 2017.doc

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных  
материалов»  
ФГБНУ ТИСНУМ

**ПРИНЯТО**

На заседании Ученого совета  
ФГБНУ ТИСНУМ

Протокол № 2016-11-03

« 3 » ноября 2016 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ФГБНУ ТИСНУМ

В.Д. Бланк

« 3 » ноября 2016 г.



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

Методы исследования твердых тел при высоких давлениях  
в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН)

Срок освоения 36 академических часов

г. Москва, г. Троицк  
2016 год

## СОДЕРЖАНИЕ

Оглавление	стр.
Введение	<b>3</b>
Общие положения	<b>3</b>
Характеристика программы	<b>3</b>
Планируемые результаты обучения	<b>4</b>
Календарный учебный график	<b>5</b>
Учебный план	<b>5</b>
Рабочая программа	<b>6</b>
Организационно-педагогические условия реализации программы	<b>8</b>
Формы контроля и аттестации	<b>11</b>
Оценочные средства	<b>11</b>
Нормативные правовые акты	<b>12</b>

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа предназначена для реализации повышения квалификации специалистов в рамках направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия».

Целью повышения квалификации является повышение профессионального уровня специалистов, развитие творческой инициативы, подготовка к выполнению новых трудовых функций.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации по теме «Методы исследования твердых тел при высоких давлениях в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН)» (далее – Программа), по специальности «Приборы и методы экспериментальной физики», представляет собой совокупность требований, обязательных при ее реализации в рамках системы образования.

2.2. Направленность Программы практико-ориентированная и заключается в удовлетворении потребностей профессионального развития научных и инженерных работников, обеспечении соответствия их квалификации меняющимся условиям профессиональной деятельности и социальной среды.

2.3. Цель Программы – совершенствование имеющихся компетенций, приобретение новых компетенций для повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

2.4. Задачи Программы:

- обновление существующих теоретических и освоение новых знаний, методик и изучение передового практического опыта в области экспериментальной физики;
- усвоение и закрепление на практике профессиональных знаний, умений и навыков, обеспечивающих совершенствование профессиональных компетенций по вопросам методов исследования твердых тел при высоких давлениях в сдвиговой камере с алмазными наковальнями.

## 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

3.1. Трудоемкость освоения Программы составляет 36 академических часов (1 академический час равен 45 мин).

3.2. Программа реализуется в очной форме обучения (с отрывом от работы) на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (далее - ФГБНУ ТИСНУМ) Минобрнауки России.

К освоению Программы допускаются научные работники специальностей, установленные номенклатурой специальностей научных работников (утвержденных Приказом Министерства образования и науки РФ от 25 февраля 2009 г. N 59 "Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени», отрасль науки - физико-математическая), а также инженерный и технический состав с высшим образованием

3.3. Для формирования профессиональных умений и навыков в Программе предусматриваются: лекционные, практические и контролируемые занятия.

3.4. Содержание Программы построено в соответствии с модульным принципом, структурными единицами модуля являются разделы. Каждый раздел модуля подразделяется на темы, каждая тема – на элементы.

Для удобства пользования Программой в учебном процессе каждая его структурная

единица кодируется. На первом месте ставится код раздела (например, 1), на втором – код темы (например, 1.1), далее – код элемента (например, 1.1.1). Кодировка вносит определенный порядок в изучении разделов и тем, содержащихся в Программе.

3.5. Учебный план определяет перечень, трудоемкость, последовательность и распределение модулей (разделов), устанавливает формы организации учебного процесса и их соотношение (лекции, практические занятия), формы контроля знаний и умений обучающихся.

С учетом базовых знаний обучающихся и актуальности задач в системе непрерывного образования отделом образовательных программ и аспирантуры могут быть внесены изменения в распределение учебного времени, предусмотренного учебным планом программы, в пределах 15 % от общего количества учебных часов.

3.6. В Программу включены планируемые результаты обучения, в которых отражаются требования профессиональных стандартов или квалификационных характеристик по соответствующим должностям, профессиям и специальностям.

3.7. Программа содержит требования к итоговой аттестации обучающихся, которая осуществляется в форме зачета и выявляет теоретическую и практическую подготовку в соответствии с целями и содержанием программы.

3.8. Организационно-педагогические условия реализации Программы включают:

- а) тематику учебных занятий и их содержание для совершенствования компетенций;
- б) учебно-методическое и информационное обеспечение;
- в) материально-техническое обеспечение;
- г) кадровое обеспечение.

#### **4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

4.1. Требования к квалификации:

Уровень образования работников, проходящих повышение квалификации должен соответствовать установленным квалификационным требованиям к конкретным должностям, а именно: уровень профессионального образования – высшее образование соответствующее отрасли 01.00.00 Физико-математические науки и некоторые специальности отрасли 05.00.00 технические науки.

4.2. Результаты обучения по Программе, направлены на совершенствование компетенций, усвоенных в рамках полученного ранее высшего профессионального образования, и в приобретении компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности по вышеуказанным специальностям.

4.3. Характеристика профессиональных компетенций, подлежащих совершенствованию в результате освоения Программы.

У обучающегося совершенствуются следующая профессиональная компетенция (далее – ПК):

Способность самостоятельно использовать методы для исследования твердых тел при высоких давлениях в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН).

4.4. Характеристика новых профессиональных компетенций, приобретаемых в результате освоения Программы.

У обучающегося должна быть сформирована следующая профессиональная компетенция (ПК-2):

Способность самостоятельно исследовать и применять физические явления и процессы, которые могут быть использованы для исследования твердых тел при высоких давлениях в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН). (ПК- 2).

#### **Требования к результатам освоения содержания программы**

В результате изучения программы обучающийся должен:

**Знать:** естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной дея-

тельности, основные тенденции развития приборов и методов экспериментальной физики;  
**Уметь:** разрабатывать методы исследовательских испытаний;  
 производить калибровку приборов и методов экспериментальной физики с учетом конкретной научной или технической задачи;  
**Владеть:** навыками и методами работы со специализированным оборудованием;  
 навыками применения знаний в экспериментальной работе.

## 5. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

График обучения	Академических часов в день	Дней в неделю	Общая трудоемкость Программы в часах	Итоговая аттестация
Форма обучения				
Очная	6-8	5	36	зачет

## 6. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Код	Наименование разделов дисциплин и тем	Всего часов	Форма контроля			
			Лекции	СР	ПРАКТ. ЗАН.	
<b>1</b>	<b>Фундаментальные и прикладные вопросы при изучении физических свойств алмаза.</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	–	–	<b>Промежуточный контроль (тестовые задания)</b>
1.1	Физика, химия и механика процессов деформации твердых тел.	6	6	–	–	Текущий контроль (опрос)
1.2	Преимущества и ограничения методов исследования в СКАН.	2	2	–	–	Текущий контроль (опрос)
1.3	Измерительные приборы, методы.	4	4	–	–	Текущий контроль (опрос)
<b>2</b>	<b>Измерение напряжений и упругих модулей в образцах, нагруженных в СКАН.</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	–	–	<b>Промежуточный контроль (опрос)</b>
2.1	Измерения напряжений в образцах по спектрам КРС алмазной наковальни и алмазная шкала напряжений.	2	2	–	–	Текущий контроль (опрос)
2.2	Вычисление напряжений в образце и в вершине алмазной наковальни по спектрам КРС.	4	4	–	–	Текущий контроль (опрос)
2.3.	Измерение модуля объемного сжатия.	4	4			Текущий контроль (опрос)
<b>3</b>	<b>Основы работы со СКАН.</b>	<b>6</b>	–	–	<b>6</b>	<b>Промежуточный контроль (опрос)</b>
3.1	Практические занятия.	6	–	–	6	Текущий контроль (опрос)
<b>4</b>	<b>Методы исследования в СКАН.</b>	<b>6</b>	–	–	<b>6</b>	<b>Промежуточный контроль (опрос)</b>

Код	Наименование разделов дисциплин и тем	Всего часов	Форма контроля			
			Лекции	СР	ПРАКТ.ЗАН.	
4.1	Практические занятия	6	–	–	6	Текущий контроль (опрос)
5.	<b>Проверка усвоения курса. Зачетное занятие.</b>	2	–	–		Контрольный опрос
<b>Итоговая аттестация</b>		<b>2</b>	–	–	–	<b>Зачет (контрольные вопросы)</b>
<b>Всего</b>		<b>36</b>	<b>22</b>	–	<b>12</b>	<b>2</b>

## 7. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по теме «Методы исследования твердых тел при высоких давлениях в сдвиговой камере с алмазными наковальнями (СКАН)»

### РАЗДЕЛ 1.

Фундаментальные и прикладные вопросы при изучении физических свойств алмаза

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
1.1.	Физика, химия и механика процессов деформации твердых тел.
1.1.1.	Основные понятия динамики решетки: динамическая задача, адиабатическое приближение; равновесие; колебания атомов - линейное и общее решение; свойства нормальных колебаний; упругие постоянные и силовые константы. Тензор деформации. Тензор напряжений.
1.1.2.	Термодинамика деформирования: фундаментальные определения упругих констант. Закон Гука. Одноосная деформация. Одноосное напряжение. Всестороннее сжатие. Чистый сдвиг.
1.1.3.	Прочность и теоретическая прочность: понятие прочности с точки зрения механики твердого деформируемого тела; предельно достижимая прочность. Механизмы пластической деформации. Модели, описывающие соотношение между прочностью и упругими модулями.
1.2.	Преимущества и ограничения методов исследования в СКАН.
1.2.1.	Ограничения на предельные статические давления, достижимые в СКАН. Устойчивость алмазной решетки. Прочность алмаза.
1.2.2.	Сверхтвердые материалы: особенности прочности ковалентных кристаллов; прочностные свойства материалов, образованных ковалентно связанными атомами углерода; особенности движения дислокаций при разных температурах в алмазе и кремнии;
1.2.3.	Потеря устойчивости решетки и фазовые переходы как механизмы пластической деформации сверхтвердых материалов; ковалентные материалы с упругими модулями, превышающими алмаз.
1.3.	Измерительные приборы, методы
1.3.1.	Устройство СКАН; принципы юстировки; типы алмазных наковален; способы нагружения образцов.
1.3.2.	Способы загрузки образцов в СКАН. Методы лазерного нагрева.

### РАЗДЕЛ 2.

Измерение напряжений и упругих модулей в образцах, нагруженных в СКАН.

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
-----	--

2.1	Измерения напряжений в образцах по спектрам КРС алмазной наковальни и алмазная шкала напряжений.
2.1.1.	Комбинационное рассеяние света.
2.1.2.	Ограничения метода измерений давления по рубиновой шкале; Анализ возможности измерения напряжений в образце методом пьезоспектроскопии.
2.1.3.	Пьезоспектроскопия.
2.2.	Вычисление напряжений в образце и в вершине алмазной наковальни по спектрам КРС.
2.2.1.	УФ/Видимая спектроскопия молекулярного поглощения, флуоресцентная/ фосфоресцентная спектроскопия, Рамановская спектроскопия, ИК спектроскопия.
2.2.2.	Экспериментальное исследование расщепления трижды вырожденной оптической моды алмаза на синглет и дуплет в вершине напряженной алмазной наковальни.
2.2.3.	Тензор напряжений в вершине алмазной наковальни.
2.2.4.	Тензор напряжений в образце.
2.3.	Измерение модуля объемного сжатия.
2.3.1.	Зависимость частоты фононов от давления; Зависимости модулей упругости от давления и объема. Коэффициент и тензор Грюнайзена.
2.3.2.	Различие динамического и статического нагружений. Термодинамические свойства твердых тел при высоких давлениях и температурах.

### РАЗДЕЛ 3. Основы работы со СКАН

Код	Наименования тем, элементов и подэлементов
3.1.	Практическое занятие
3.1.1.	Юстировка СКАН.
3.1.2.	Измерение давления в образце методом пьезоспектроскопии.
3.2.3.	Изготовление гasket и загрузка образца в СКАН. Экспериментальное определение модуля объемного сжатия образца.

### РАЗДЕЛ 4. Методы исследования в СКАН

Код	Наименование тем, элементов и подэлементов
4.1	Отработка умений и навыков при работе с методом исследования в СКАН
4.1.1.	Экспериментальное исследование распределения давления в образце.
4.1.2.	Экспериментальное исследование влияния фазового перехода на аномалии на распределение давления в образце.
4.1.3.	Экспериментальное исследование влияния сдвиговых деформаций на гистерезис фазового перехода.

### РАЗДЕЛ 5. Зачетное занятие

5.1.	Итоговая аттестация (Зачетное занятие)
5.1.1.	Обсуждение проведенных занятий. Рассмотрение нестандартных вопросов.
5.1.2.	Контрольный опрос по пройденному материалу.

## 8. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

### 8.1. Тематика учебных занятий и их содержание для совершенствования компетенций:

#### Лекционные занятия:

№	Тема лекции	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1.	Физика, химия и механика процессов деформации твердых тел.	1.1	ПК-1, ПК-2
2.	Преимущества и ограничения методов исследования в СКАН.	1.2	ПК-1, ПК-2
3.	Измерительные приборы, методы	1.3.	ПК-2
4	Измерения напряжений в образцах по спектрам КРС алмазной наковальни и ал-мазная шкала напряжений.	2.1.	ПК-2
5	Вычисление напряжений в образце и в вершине алмазной наковальни по спектрам КРС.	2.2	ПК-2
6	Измерение модуля объемного сжатия.	2.3	ПК-2

#### Практические занятия:

№	Тема практического занятия	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1.	Основы работы со СКАН.	3.1	ПК-1
	Юстировка СКАН.	3.1.1.	ПК-1
	Измерение давления в образце методом пьезоспектроскопии.	3.1.2.	ПК-1
	Изготовление гasket и загрузка образца в СКАН. Экспериментальное определение модуля объемного сжатия образца.	3.2.3.	ПК-1
2.	Отработка умений и навыков при работе с методом исследования в СКАН.	4.1	ПК-1, ПК-2
3.	Экспериментальное исследование распределения давления в образце.	4.1.1	ПК-1, ПК-2
4.	Экспериментальное исследование влияния фазового перехода на аномалии на распределение давления в образце.	4.1.2	ПК-1, ПК-2

#### Итоговая аттестация:

№	Зачетное занятие	Содержание	Совершенствуемые компетенции
1	Контрольный опрос.	5.1.2	ПК-1, ПК-2

## 8.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература:

1. Попов М.Ю. Фазовые и структурные превращения в углероде и азоте при высоких давлениях и создание новых наноматериалов на их основе. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Институт проблем химической физики Российской академии наук. Москва, 2011.
2. Попов М.Ю. Фазовые и структурные превращения в углероде и азоте при высоких давлениях и создание новых наноматериалов на их основе. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Институт проблем химической физики Российской академии наук. Москва, 2011.
3. Попов М.Ю. Механические свойства сверхтвердых и ультратвердых материалов на основе углеродных нанокластеров. Учебное пособие. М.: МФТИ, 2014. -96 с.

Дополнительная литература:

1. Grimvall G. Thermophysical Properties of Materials. Elsevier, 1999.
2. Tندر R.F. Tensor Properties of Solids. Morgan & Claypool, 2008
3. Работнов Ю.Н. Механика твердого деформируемого тела. —М.: Наука, 1988.
4. Gilman J. J. CHEMISTRY AND PHYSICS OF MECHANICAL HARDNESS. John Wiley & Sons, Inc. 2009.
5. Морозов Е.М., Зернин М.В.. Контактные задачи механики разрушения. М.: Машиностроение, 1999.
6. Richard F. Tندر. Tensor Properties of Solids: Phenomenological Development of the Tensor Properties of Crystals. Morgan & Claypool, 2008
7. Sirdeshmukh D.B., Sirdeshmukh L., Subhadra K.G. Micro- and Macro-Properties of Solids. Springer, 2006

## 8.3 Базы данных, информационно-справочные системы

1. Научная электронная библиотека: электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства Elsevier, [www.elsevier.ru](http://www.elsevier.ru)
2. Научная электронная библиотека: электронные научные информационные ресурсы зарубежного издательства Springer, [www.springer.com](http://www.springer.com)
3. Научная электронная библиотека: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
4. Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов: [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com)
5. Российская национальная библиотека: [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
6. Журналы по физике твердого тела (Физика твердого тела, Кристаллография, ЖТФ, Письма в ЖТФ, Physica Status Solidi b, Physical Review B и др.), доступные через Internet научные и научно-технические журналы, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса

Программное обеспечение:

1. Windows 7 Enterprise
2. Microsoft Office Professional Plus 2013 with SP1
3. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations

## Интернет-сайты:

Журналы издательства SAGE

Список журналов и глубина доступа: [http://www.neicon.ru/res/List/sage\\_prem\\_list.doc](http://www.neicon.ru/res/List/sage_prem_list.doc)

Адрес для работы с ресурсом: <http://sagepub.com/home.nav>

Журнал Nature

Адрес: <http://nature.com>

Журнал Science

Адрес: <http://www.sciencemag.org/>

Журналы American Institute of Physics

Адрес: <http://scitation.aip.org/>

Журналы The Optical Society of America (OSA) – Optics InfoBase

Список журналов: [http://neicon.ru/res/List/osa\\_list.doc](http://neicon.ru/res/List/osa_list.doc)

Адрес для работы с ресурсом: <http://opticsinfobase.org>

Издания по оптике и фотонике SPIE Digital Library

Список журналов: [http://neicon.ru/res/List/spie\\_list.doc](http://neicon.ru/res/List/spie_list.doc)

Адрес для работы с ресурсом: <http://spiedigitallibrary.org>

## 8.4. Материально-техническое обеспечение

Лекционный зал с мультимедийным оборудованием (Аудитория №6)

Монитор NEC (1 шт.)

Системный блок Microlab(1 шт.)

Клавиатура+мышь Genius(1 шт.)

Интерактивная доска Triumph Board (1 шт)

Мультимедийное оборудование:

Усилитель AVE, колонки, проектор IPRO-ГЕСТА, документ-камера, лазерная указка, пульт дистанционного управления презентациями, микрофон, смарт-тв LG на подставке

Копировальный аппарат Canon (1 шт.)

Принтер HP Laser Jet (1 шт.)

Стол для лекционных занятий (11 шт.)

Стул (20 шт.).

Учебная Аудитория (Аудитория №4):

Специальное оборудование для проведения научных исследований:

Renishaw in Via

Романовский микроскоп

Оптический микроскоп

Olympus

Электронный станок (ФГБНУ ТИСНУМ, Россия)

Устройство для проверки плоскопараллельности алмазных наковален (ФГБНУ ТИСНУМ, Россия)

Устройство для центровки наковален в СКАН (ФГБНУ ТИСНУМ, Россия)

Локальная вычислительная сеть и беспроводная сеть для комфортной работы с компь-

ютерами (ноутбуками) в каждом отделе, отделении и лаборатории со свободным выходом пользователей сети в Интернет (компьютеры с выходом в Интернет – 70 шт.); Аудиторный и библиотечный фонд, в том числе дистанционные и электронные возможности, для самостоятельной подготовки обучающихся.

## 8.5. Кадровое обеспечение

Реализация Программы осуществляется научно-педагогическим составом, состоящим из специалистов, систематически занимающихся научной и научно-методической деятельностью со стажем работы в системе высшего и/или дополнительного профессионального образования, научной сферы в области физико-математических и технических наук не менее 5 лет.

## 9. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И АТТЕСТАЦИИ

9.1. Текущий контроль хода освоения учебного материала проводится в форме устного опроса. Промежуточный контроль проводится в форме тестирования.

9.2. Итоговая аттестация обучающихся по результатам освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации проводится в форме зачета.

9.3. Обучающиеся допускаются к итоговой аттестации после изучения Программы в объеме, предусмотренном учебным планом.

9.4. Обучающиеся, освоившие Программу и успешно прошедшие итоговую аттестацию, получают удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

## 10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Примерная тематика контрольных вопросов:

Пластичность и упругость  
основные понятия динамики решетки - силовые константы и соотношение для модуля объемного сжатия  
прочность и теоретическая прочность - определения и основные модели  
механизмы пластической деформации  
модели, описывающие соотношение между прочностью и упругими модулями  
достижимость теоретического предела прочности в наноструктурированных материалах  
сверхтвердые материалы - параметры, по которым определяется этот класс материалов

Влияние высоких давлений на механические свойства твердых тел  
давление и напряжения  
коэффициент и тензор Грюнайзена - определение понятия  
различие динамического и статического нагружений  
зависимость упругих модулей от давления  
пьезоспектроскопия - основные понятия и соотношения

Некоторые задачи неупругости и механики разрушения  
модель твердости в механике твердого деформируемого тела (соотношение между твердостью и пределом текучести)  
трещиностойкость - определение понятия  
износостойкость - определение понятия  
соотношение между трещиностойкостью, твердостью и износостойкостью

Основы экспериментальных методов исследования механических свойств сверхтвердых материалов  
твердость  
прочность и упругие модули  
износостойкость  
трещиностойкость

## **11. НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ**

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 25 февраля 2009 г. N 59 "Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени"
4. Приказа Министерства образования и науки РФ от 15.01.2013 г. № 10 «О федеральных государственных требованиях к минимуму содержания дополнительных профессиональных образовательных программ профессиональной переподготовки и повышения квалификации педагогических работников, а также к уровню профессиональной переподготовки педагогических работников»;
5. Письма Минобрнауки России от 09.10.2013 № 06 - 735 «О дополнительном профессиональном образовании».